



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный Электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)



ПОТВЕРЖДАЮ

Директор департамента образования

С.А. Галунин

«*сентябрь*» 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ»

для подготовки бакалавров

по направлению

15.03.06 «МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА»

по профилю

«Мехатроника»

Санкт-Петербург

2020

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчик

доцент, к. т. н., с.н.с.



В.Б. Второв

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры САУ
29.09.2020, протокол № 2-09/2020

Заведующий кафедрой САУ
д.т.н., доцент



В.Н.Шелудько

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией
ФЭА, 30.09.2020, протокол № 2

Председатель УМК ФЭА
декан, к.т.н.



Ю.В. Сентябрьев

Согласовано:

Начальник ОМОЛА



О.В. Загороднюк

1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФЭА
Обеспечивающая кафедра	САУ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	6
Курс	3
Семестр	5
Виды занятий	
Лекции (академ. часов)	51
Лабораторные занятия (академ. часов)	34
Практические занятия (академ. часов)	34
Иная контактная работа (академ. часов)	3
Все контактные часы (академ. часов)	122
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	94
Всего (академ. часов)	216
Вид промежуточной аттестации	
Экзамен (курс)	3
Курсовая работа (курс)	3

2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ»

Рассмотрены способы математического описания непрерывных систем; частотные характеристики динамических систем; частотные и временные характеристики типовых звеньев систем автоматического управления (САУ); логарифмические частотные характеристики типовых соединений звеньев; структурные схемы САУ и методы их преобразования; математические модели динамических систем в форме переменных состояния; алгебраические методы анализа устойчивости линейных систем; частотные методы анализа устойчивости линейных систем; критерии качества процессов в САУ; точность систем автоматического управления; методы синтеза систем автоматического управления; системы подчиненного регулирования; модальное управление, наблюдающие устройства.

SUBJECT SUMMARY

«AUTOMATIC CONTROL THEORY»

The course gives the student a basic knowledge of continuous systems mathematical description; dynamic system frequency responses; frequency-domain and time-domain characteristics of control systems standard elements; standard block connections Bode diagrams; control system block diagrams and their transformation methods; dynamic systems state-space models; algebraic methods of linear systems stability analysis; frequency methods of linear systems stability analysis; control system performance specifications; control system accuracy; control system design methods; cascade control systems; modal control, observer device.

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Изучение основных положений теории автоматического управления. Овладение: знаниями о принципах построения САУ; знаниями об основных методах анализа и синтеза линейных систем; знаниями о передаточных функциях и частотных характеристиках САУ; знаниями об анализе устойчивости и точности САУ; знаниями о синтезе корректирующих устройств; знаниями об основах метода пространства состояний: управляемости и наблюдаемости; знаниями о модальном управлении; знаниями о синтезе наблюдающих устройств полного и неполного порядка; знаниями о методе фазового пространства; типах состояний равновесия; умениями определять частотные и временные характеристики; умениями выполнять анализ и синтез линейных САУ частотными методами и методами пространства состояний; умениями выполнять анализ устойчивости САУ; навыками применения методов анализа устойчивости, точности и динамических характеристик САУ; навыками применения методов синтеза САУ на основе частотных методов и методов пространства состояний.

2. Формирование знаний о принципах и методах построения и преобразования моделей систем управления.

Овладение: знаниями о способах составления и преобразования математических моделей САУ; умениями составлять математические модели линейных САУ; умениями осуществлять преобразования математических моделей линейных САУ к виду, удобному для исследования на ЭВМ; навыками построения частотных и временных характеристик.

3. Освоение методов расчета линейных непрерывных систем.

Овладение: знаниями об алгебраических и частотных методах определения устойчивости линейных систем; умениями построения модального регулятора; уме-

ниями построения наблюдающего устройства; навыками применения исследований САУ методами математического моделирования.

3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Математический анализ»
2. «Алгебра и геометрия»
3. «Теоретические основы электротехники»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Электрический привод»
2. «Моделирование систем управления»
3. «Основы мехатроники и робототехники»

3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

Код компетенции/ индикатора компетенции	Наименование компетенции/индикатора компетенции
ОПК-1	Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности;
<i>ОПК-1.2</i>	<i>Применяет методы математического и натурного моделирования при синтезе и исследовании систем автоматического управления при случайных или детерминированных воздействиях</i>
<i>ОПК-1.3</i>	<i>Умеет выполнять анализ и синтез линейных систем автоматического управления частотными методами и методами пространства состояний</i>
ОПК-11	Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать алгоритмы и программы управления робототехнических систем
<i>ОПК-11.4</i>	<i>Применяет методы расчета линейных непрерывных систем при детерминированных или случайных воздействиях</i>

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Содержание разделов дисциплины

4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	Лаб, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение. Общая характеристика систем автоматического управления	3	2	2		4
2	Тема 1. Виды математического описания непрерывных систем	2	4	2		
3	Тема 2. Частотные характеристики динамических систем	2	2	2		4
4	Тема 3. Частотные и временные характеристики звеньев САУ	4	3	4		8
5	Тема 4. Логарифмические частотные характеристики типовых соединений звеньев	3	6	2		10
6	Тема 5. Структурно-топологические математические модели САУ	3	4			10
7	Тема 6. Математические модели динамических систем в форме переменных состояния	6	4	2		10
8	Тема 7. Алгебраические методы анализа устойчивости линейных систем	6	2	2		8
9	Тема 8. Частотные методы анализа устойчивости линейных систем	3	2	2		10
10	Тема 9. Критерии качества процессов в САУ	4	1	2		4
11	Тема 10. Точность систем автоматического управления	4	1	2	3	2
12	Тема 11. Синтез систем автоматического управления	3		2		4
13	Тема 12. Системы подчиненного регулирования	2	1	6		6
14	Тема 13. Модальное управление	2	2	4		8
15	Тема 14. Восстановление состояния динамических систем	3	0			6
16	Заключение	1				
	Итого, ач	51	34	34	3	94
	Из них ач на контроль	0	0	0	0	35
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе			216/6		

4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение. Общая характеристика систем автоматического управления	<p>Характеристика предмета.</p> <p>Основные понятия и определения теории автоматического управления (на примере системы стабилизации). Статические свойства систем автоматического управления (проблема точности). Роль обратной связи. Основные принципы автоматического управления: регулирование по отклонению и по возмущению. Физика процессов в замкнутых системах.</p> <p>Общая структура замкнутой САУ; примеры элементов. Классификация автоматических систем по принципу действия; по цели управления; по классу уравнений, описывающих систему; по характеру преобразования переменных в элементах системы; по характеру процессов в системе; по числу входных и выходных переменных. Примеры автоматических систем, области их применения.</p>
2	Тема 1. Виды математического описания непрерывных систем	<p>Математические модели вход-выход: дифференциальные уравнения (ДУ), передаточные функции (ПФ), операторные ПФ, частотные ПФ, коэффициенты передачи, временные характеристики. Связь между различными формами описания «вход-выход». Весовая и переходная функции. Передаточные функции типовых соединений звеньев.</p>
3	Тема 2. Частотные характеристики динамических систем	<p>Определения. Установившаяся реакция на гармоническое входное воздействие. «Физический» смысл частотной передаточной функции. Экспериментальное определение частотных характеристик. Логарифмические частотные характеристики (ЛЧХ).</p>
4	Тема 3. Частотные и временные характеристики звеньев САУ	<p>Частотные и временные характеристики пропорционального, интегрирующего (обобщенного интегрирующего), дифференцирующего (обобщенного дифференцирующего), апериодического и форсирующего звеньев. Физический смысл постоянной времени интегрирующего звена.</p> <p>Частотные и временные характеристики динамических звеньев второго порядка: апериодического 2-го порядка, колебательного, консервативного. Методика анализа типа звена.</p> <p>Специальные типы динамических звеньев: реальные дифференцирующее и форсирующее, чистого запаздывания, пропорционально-интегральное. Прохождение помехи через реальное дифференцирующее звено. Неминимально-фазовые звенья.</p>

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
5	Тема 4. Логарифмические частотные характеристики типовых соединений звеньев	ЛЧХ последовательного соединения звеньев. Методика построения ЛЧХ по сложной передаточной функции. Определение фазы по ЛАХ минимально-фазовой системы. Приближенное построение ЛЧХ параллельных соединений звеньев.
6	Тема 5. Структурно-топологические математические модели САУ	Детализированные структурные схемы (ДСС) и сигнальные графы: определения, сравнительная характеристика, методика построения по уравнениям. Эквивалентные преобразования структурных схем линейных систем. Теорема Мейсона.
7	Тема 6. Математические модели динамических систем в форме переменных состояния	Основные определения и формы записи уравнений. Запись уравнений в переменных состояния по детализированной структурной схеме. Линеаризация математических моделей нелинейных систем: линеаризация нелинейных статических характеристик и функций нескольких переменных, дифференциальных уравнений, уравнений в форме переменных состояния. Практические способы дифференциальной линеаризации. Общие сведения о канонических формах. Каноническая форма управляемости (КФУ), получение КФУ по передаточной функции. Использование КФУ для получения ДСС.
8	Тема 7. Алгебраические методы анализа устойчивости линейных систем	Устойчивость состояния равновесия линейной системы: основные определения. Суждение об устойчивости линейной системы по корням ее характеристического полинома (ХП) (собственным значениям матрицы системы): основные теоремы. Теоремы 1-го метода Ляпунова. Суждение об устойчивости по коэффициентам ХП: алгебраические критерии устойчивости Стодоль, Гурвица, Рауса, Льенара-Шипара.
9	Тема 8. Частотные методы анализа устойчивости линейных систем	Введение в частотные критерии устойчивости: принцип аргумента. Критерий Михайлова. Критерий устойчивости Найквиста и его логарифмическая форма.
10	Тема 9. Критерии качества процессов в САУ	Требования к точности, к динамике, прямые и косвенные показатели качества динамики. Частотные оценки качества САУ: частота среза, запасы устойчивости по модулю и фазе, полоса пропускания, показатель колебательности. Корневые оценки качества: степень устойчивости, колебательность. Стандартные полиномы. Диаграмма Вышнеградского.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
11	Тема 10. Точность систем автоматического управления	Анализ установившихся ошибок при воспроизведении типовых воздействий. Применение теоремы о конечном значении. Установившиеся ошибки при произвольном воздействии. Коэффициенты ошибок, методы их нахождения. Порядок астатизма: определение, методы анализа. Точность САУ в типовых режимах (при постоянном, линейном, квадратичном и гармоническом воздействии). Добротности по скорости и по ускорению. Статический расчет системы стабилизации и следящей системы (типовые задачи).
12	Тема 11. Синтез систем автоматического управления	Основные этапы синтеза САУ. Методики синтеза в частотной области. Общая характеристика аналитических методов синтеза САУ. Последовательная коррекция САУ: методы, типовые корректирующие звенья (П-, ПД-, ПИ-и ПИД-законы управления), методика синтеза по ЛАХ. Параллельная коррекция САУ: метод синтеза. Гибкие и жесткие обратные связи, их влияние на качество системы. Краткая характеристика технических средств коррекции.
13	Тема 12. Системы подчиненного регулирования	Стандартные настройки контуров на оптимум по модулю и симметричный оптимум. Практическая оптимизация многоконтурных систем.
14	Тема 13. Модальное управление	Сущность модального управления. Основная теорема. Понятие управляемости динамических систем. Методика синтеза модального регулятора.
15	Тема 14. Восстановление состояния динамических систем	Проблема восстановления состояния. Наблюдатели состояния полного и пониженного порядка. Теорема разделения.
16	Заключение	Обзор современных направлений теории автоматического управления.

4.2 Перечень лабораторных работ

Наименование лабораторной работы	Количество ауд. часов
1. Вводное занятие: методы анализа САУ в среде Matlab / Simulink	2
2. 1. Исследование динамических свойств типовых звеньев САУ во временной и в частотной областях	8
3. 2. Влияние параметров на качество автоматических систем	8
4. 3. Методы коррекции систем автоматического управления	6
5. 4. Расчет и анализ систем подчиненного регулирования	6
6. 5. Синтез и исследование системы с модальным управлением	4
Итого	34

4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Графические элементы структурных схем и М-графов. Изображение структурной схемы и М-графа по алгебраическому уравнению. Определение передаточной функции (ПФ) и коэффициента передачи системы по ее дифференциальному уравнению (ДУ). Запись ДУ по ПФ.	2
2. Изображение структурной схемы системы автоматического управления по ее уравнениям. Детализированные структурные схемы.	2
3. Построение амплитудно-фазовой частотной характеристики (АФХ) системы по ее передаточной функции. Логарифмические частотные характеристики (ЛЧХ). Построение ЛЧХ типовых звеньев САУ.	2
4. ЛЧХ последовательного соединения звеньев САУ. Методика построения ЛАХ по ПФ сложного вида.	2
5. Геометрический анализ ЛАХ. Определение ПФ по ЛАХ минимально-фазовой системы. Определение фазы по ЛАХ. Приближенное построение ЛАХ параллельных соединений звеньев.	2
6. Определение ПФ с помощью структурных преобразований: а – перестановки звена и сумматора; б – перестановки звена и отвода.	2
7. Определение ПФ с помощью структурных преобразований: в – перестановки сумматора и отвода. Теорема Мейсона.	2
8. Составление описания системы в форме переменных состояния по детализированной структурной схеме. Составление описания системы в управляемой канонической форме по ПФ.	4
9. Контрольная работа (построение ЛЧХ по ПФ; определение ПФ с помощью структурных преобразований).	2
10. Преобразование математических моделей в пространстве состояний. Передаточные матрицы.	2
11. Прямые (корневые) методы исследования устойчивости системы. Исследование устойчивости и анализ областей устойчивости в пространстве параметров системы по критерию Гурвица.	2
12. Исследование устойчивости системы по критерию Найквиста (для АФХ и для ЛЧХ).	4
13. Определение порядка астатизма системы. Определение коэффициентов ошибок. Статический расчет системы стабилизации.	2
14. Расчет систем подчиненного регулирования.	2
15. Расчет модального регулятора.	2
Итого	34

4.4 Курсовое проектирование

Цель работы (проекта): Выполнение курсовой работы имеет своей целью овладение студентами методикой и инженерными навыками динамического синтеза следящей системы. Последний заключается в таком выборе структуры и параметров управляющей части системы (что обычно достигается введением в исходную систему некоторых корректирующих средств), при котором следящая система кроме необходимых показателей точности приобретает требуемые динамические свойства. .

Содержание работы (проекта): Курсовая работа «Динамический расчет следящей системы» должна содержать следующие обязательные элементы:

1. Титульный лист и задание (оформляются в соответствии с прил. 1 и 2.)
2. Оглавление.
3. Введение, где должны быть изложены цель и основные задачи работы, используемые теоретические методы и обоснование их выбора.
4. Описание системы и анализ ее динамических свойств. Здесь должны быть приведены: а) сведения о назначении системы, ее структурная схема и параметры; б) построение логарифмических частотных характеристик (ЛЧХ) исходной (нескорректированной) системы и анализ ее устойчивости.
5. Построение желаемой логарифмической амплитудной частотной характеристики (ЛАХ) разомкнутой системы, включающее в себя: а) построение низкочастотной части желаемой ЛАХ; б) построение средне- и высокочастотной частей желаемой ЛАХ; в) анализ переходной характеристики, частотных характеристик и точности желаемой системы на ЭВМ и, при необходимости, коррекцию желаемой ЛАХ.
6. Синтез корректирующего устройства, предусматривающий: а) выбор способа коррекции по согласованию с преподавателем (как правило, используется параллельная коррекция); б) построение ЛАХ корректирующего устройства и ее уточнение с целью обеспечить физическую реализуемость; в) определение ЛАХ скорректированной системы приближенным методом (построение асимптотической ЛАХ) и точным методом (на ЭВМ); сравнение с желаемой

ЛАХ; г) определение состава элементов корректирующего устройства (включая измерительно-преобразовательные элементы), разработка принципиальной схемы и расчет параметров корректирующего устройства; определение его передаточной функции. 7. Исследование динамических свойств скорректированной системы на ЭВМ. Предусматриваются следующие этапы: а) получение переходной характеристики системы; б) определение показателя колебательности (для варианта М); в) оценка чувствительности заданных показателей качества динамики к вариациям параметров системы. 8. Анализ точности системы при отработке типовых входных воздействий. 9. Заключение (анализ полученных в курсовой работе результатов и их сопоставление с требованиями задания). 10. Библиографический список..

Примерные темы:

№ п/п	Название темы	Перевод темы
1	Динамический синтез следящей системы	Dynamic synthesis of the tracking system

4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.6 Индивидуальное домашнее задание

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

4.7 Доклад

Доклад не предусмотрен.

4.8 Кейс

Кейс не предусмотрен.

4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	0
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	16
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	8
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	0
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	12
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	36

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	22
ИТОГО СРС	94

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библи.
Основная литература		
1	Бесекерский, Виктор Антонович. Теория систем автоматического управления [Текст] : [Учеб. пособие] / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов, 2003. -749 с.	78
2	Востриков, Анатолий Сергеевич. Теория автоматического регулирования [Текст] : Учеб. пособие для вузов по направлению "Автоматизация и управление" / А.С. Востриков, Г.А. Французова, 2004. -365 с.	62
3	Исследование линейных систем в среде Matlab/Simulink [Текст] : Метод. указания к лаб. работам по дисциплине "Теория управления" / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) "ЛЭТИ", 2004. -24 с.	219
4	Кочетков, Владимир Петрович. Основы теории управления [Текст] : учеб. пособие для вузов по специальности 140604-"Электропривод и автоматика промышл. установок и технол. комплексов" направления подгот. 140600 -"Электротехника, электромеханика и электротехнологии" : соответствует Фед. гос. образоват. стандарту (третьего поколения) / В. П. Кочетков, 2012. -411 с.	25
5	Пантелеев, Андрей Владимирович. Теория управления в примерах и задачах [Текст] : Учеб. пособие для втузов / А.В. Пантелеев, А.С. Бортаковский, 2003. -583 с.	55
6	Второв, Виктор Борисович. Динамический синтез следящей системы [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие к курсовой работе по дисц. "Теория автоматического управления" / В. Б. Второв, 2017. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	1
7	Моделирование систем управления в Simulink [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / В. Б. Второв [и др.], 2017. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	1
8	Второв, Виктор Борисович. Структурные и частотные методы теории автоматического управления (с примерами решения задач) [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / В. Б. Второв, 2014. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	1
Дополнительная литература		
1	Методы классической и современной теории автоматического управления: В 3 т. [Текст] : Учеб. для вузов по машиностроит. и приборостроит. специальностям / под общ. ред. К.А. Пупкова. -(Методы теории автоматического управления). Т. 3 : Методы современной теории автоматического управления / К.А. Пупков, Н.Д. Егупов, А.И. Баркин и др. ; под ред. Н.Д. Егупова, 2000. -747 с.	28

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библи.
2	Гайдук, Анатолий Романович. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB [Текст] : учеб. пособие для вузов по специальности "Автоматизация технол. процессов и производств (энергетика)" (направление подгот. дипломир. специалистов "Автоматизир. технологии и производства") / А. Р. Гайдук, В. Е. Беляев, Т. А. Пьявченко, 2011. -463 с.	неогр.

5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	http://matlab.exponenta.ru

5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=5927>

6 Критерии оценивания и оценочные материалы

6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Теория автоматического управления» формой промежуточной аттестации является экзамен.

Экзамен

Оценка	Описание
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок теорем
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач.

Особенности допуска

Для допуска к экзамену необходимо выполнить и защитить все лабораторные работы, а также выполнить и защитить курсовую работу на оценку не ниже "Удовлетворительно". В качестве контроля практических занятий необходимо выполнить 1 контрольную работу. Экзамен проходит в устной форме, в каждом билете содержится 2 вопроса и 1 задача, на подготовку ответа даётся 60 минут.

6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Примерные вопросы к экзамену

№ п/п	Описание
1	Матем. модели вход-выход динамич. систем – дифф. уравнения, передат. функции, операторные ПФ, коэфф-т передачи – и связь между ними. Связь между выходом и входом системы во временной области. Интеграл свертки, весовая функция, ПХ.
2	Частотные характеристики динамических систем. Трактовка АЧХ И ФЧХ с точки зрения устано-вившегося гармонического режима. Теорема.
3	Частотные и временные характеристики пропорционального, интегрирующего, дифференцирующего, апериодического и форсирующего звеньев.
4	Частотные и временные характеристики динамических звеньев второго порядка (апериодического второго порядка, колебательного, консервативного).
5	Специальные звенья САУ.
6	Передаточные функции типовых соединений звеньев. ЛЧХ последовательного соединения звеньев. Методика построения ЛЧХ по сложной ПФ.
7	Определение фазы по ЛАХ минимально-фазовой системы.
8	Эквивалентные структ. преобразования: назначение, критерий эквивалентности, осн. правила.
9	Теорема Мейсона (с необходимыми определениями).
10	Метод приближенного построения ЛЧХ параллельных соединений звеньев.
11	Матем. модели динамической системы в форме переменных состояния: определения, формы записи уравнений. Передаточные матрицы динамической системы.
12	Каноническая форма управляемости и ее определение по ПФ. Структ. схема системы в КФУ.
13	Получение канонич. формы управляемости по исходной модели в форме переменных состояния.
14	Решение матричного уравнения состояния. Экспоненциал. Формула Коши.
15	Состояние равновесия (с.р.) динамической системы. Устойчивость с.р., устойчивость движения динамической системы. Устойчивость линейной системы при постоянно действующих возмущениях.

16	Суждение об устойчивости линейной системы по корням характеристического полинома (с. з. матрицы A): основная теорема об асимптотической устойчивости.
17	Теорема об устойчивости (по Ляпунову) линейной системы и неустойчивости. Аperiodическая и колебательная границы устойчивости.
18	Суждение об устойчивости системы по коэффициентам характ. полинома. Теорема Стодоль.
19	Критерий устойчивости Гурвица и его частные формулировки. Суждение о границе устойчивости и неустойчивости по матрице Гурвица.
20	Критерий устойчивости Найквиста для АФХ (обобщенная формулировка, доказательство для случая отсутствия правых полюсов у ПФ разомкнутой системы).
21	Критерий устойчивости Найквиста для АФХ (обобщенная формулировка, доказательство для случая наличия правых полюсов у ПФ разомкнутой системы).
22	Критерий устойчивости Найквиста для ЛЧХ.
23	Показатели качества переходной характеристики. Частотные оценки качества.
24	Корневые оценки качества САУ. Диаграмма Вышнеградского.
25	Стандартные полиномы.
26	Точность САУ. Установившаяся ошибка и ее определение по теореме о конечном значении. Коэффициенты ошибок, способы их определения. Статические и астатические системы: определения.
27	Порядок астатизма: определение, способы нахождения. Установившиеся ошибки при воспроизведении постоянного, линейного и квадратичного воздействий. Добротность.
28	ПФ системы (в том числе для ошибки) по задающему и возмущающему воздействиям. Коэффициенты передачи статической системы, установившиеся ошибки от задающего и возмущающего воздействий. Основные типы автоматических систем. Понятие качества САУ, общая характеристика показателей качества.
29	Методы последовательной коррекции: типовые последовательные корректирующие устройства, их влияние на качество системы. Определение ЛАХ последовательного КУ по желаемой ЛАХ.
30	Этапы синтеза САУ. Синтез параллельной коррекции по ЛАХ.
31	Системы подчиненного регулирования: настройка на оптимум по модулю.
32	Системы подчиненного регулирования: настройка на симметричный оптимум.
33	Модальное управление. Основная теорема. Методика синтеза модального регулятора.
34	Наблюдатель состояния полного порядка.
35	Теорема разделения.

Форма билета

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет

«ЛЭТИ»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5

Дисциплина: Теория автоматического управления. **Кафедра:** САУ

1. Частотные и временные характеристики динамических звеньев второго порядка (апериодического второго порядка, колебательного, консервативного).
2. Точность САУ. Установившаяся ошибка и ее определение по теореме о конечном значении. Коэффициенты ошибок, способы их определения. Статические и астатические системы: определения.
3. Задача ____5-1____.

Одобрено на заседании кафедры 24.12.2020 г., протокол № 1-12/2020.

УТВЕРЖДАЮ: Зам. заведующего кафедрой САУ

_____ **Филатова Е.**

С.

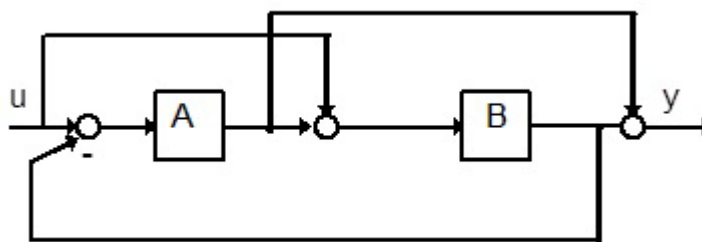
Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ

- 1) Изобразить ЛЧХ по передаточной функции системы:

$$W(p) = \frac{0.1(p+1)(0.2p+1)}{p^2(0.1p+1)}$$

- 2) Выполнить структурные преобразования схемы и записать передаточ-

ную функцию от входа u к выходу y .



Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
4	Тема 3. Частотные и временные характеристики звеньев САУ	Коллоквиум
7	Тема 9. Критерии качества процессов в САУ	
8		Коллоквиум
10	Тема 4. Логарифмические частотные характеристики типовых соединений звеньев	Контрольная работа
11	Тема 11. Синтез систем автоматического управления	Коллоквиум
13	Тема 12. Системы подчиненного регулирования	Коллоквиум
15	Тема 13. Модальное управление	Коллоквиум
16	Тема 3. Частотные и временные характеристики звеньев САУ	Коллоквиум
17	Тема 11. Синтез систем автоматического управления	Коллоквиум

6.4 Методика текущего контроля

на лабораторных занятиях

- Порядок выполнения лабораторных работ, подготовки отчетов и их защиты

В процессе обучения по дисциплине «Теория автоматического управления» студент обязан выполнить 5 лабораторных работ. Под выполнением лабораторных работ подразумевается подготовка к работе, проведение экспериментальных исследований, подготовка отчета и его защита на коллоквиуме. Проведение коллоквиумов предусматривается на 4, 7, 8, 11, 13, 15, 16, 17 неделях, на которых осуществляется проверка отчетов и защита лабораторных работ. Выполнение лабораторных работ студентами осуществляется индивидуально или в бригадах до 3 человек. Оформление отчета студентами осуществляется индивидуально или в количестве одного отчета на бригаду в соответствии с принятыми в СПбГЭТУ правилами оформления студенческих работ. Отчет оформляется после выполнения экспериментальных исследований и представляется преподавателю на проверку. После проверки отчет либо возвращается (при наличии замечаний) на доработку, либо подписывается к защите.

Лабораторные работы защищаются студентами индивидуально. Каждый студент получает вопрос по теоретической части, или по процедуре проведения экспериментальных исследований, или по последующей обработке результатов, после чего ему предоставляется время для подготовки ответа. При обсуждении ответа преподаватель может задать несколько уточняющих вопросов. В случае если студент демонстрирует достаточное знание вопроса, работа считается защищенной.

На защите лабораторной работы студент должен показать: понимание методики исследования и знание особенностей её применения, понимание и умение объяснять особенности применяемых методов, возможные области их применения и т.д., умение давать качественную и количественную оценку полученных экспериментальных результатов и прогнозировать реакции исследуемого объекта на различные воздействия, навыки и умения, приобретенные при выполнении лабораторной работы.

Примеры контрольных вопросов приведены в методических указаниях по выполнению лабораторных работ.

Текущий контроль включает в себя выполнение, сдачу в срок отчетов и их защиту по всем лабораторным работам, по результатам которой студент получает допуск на экзамен.

на практических занятиях

Текущий контроль включает в себя домашние задания и выполнение контрольной работы, состоящей из двух задач, на 10-й неделе. Оценка за каждую задачу в контрольной работе выставляется по четырехбалльной шкале по следующим критериям:

- «отлично» - вопрос раскрыт полностью, задача решена правильно;
- «хорошо» - вопрос раскрыт не полностью, задача решена частично;
- «удовлетворительно» - в ответе на вопрос имеются существенные ошибки

- ки; задача не решена или решена неправильно, ход решения правильный;
- «неудовлетворительно» - отсутствует ответ на вопрос или содержание ответа не совпадает с поставленным вопросом, задача не решена, ход решения неправильный.

Для успешного выполнения контрольной работы необходимо решить каждую задачу на оценку не ниже ”Удовлетворительно”.

самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лабораторных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

при выполнении курсовой работы

Текущий контроль при выполнении курсовой работы осуществляется в соответствии с методическими указаниями по курсовому проектированию и заданием на курсовую работу.

Оформление пояснительной записки на курсовую работу выполняется в соответствии с требованиями к студенческим работам принятым в СПбГЭТУ.

Защита курсовой работы осуществляется в соответствии с требованиями «Положения о промежуточной аттестации».

7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, меловая или маркерная доска	
Лабораторные работы	Лаборатория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, компьютеры, рабочее место преподавателя, доска	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше 3) Matlab R2014b и выше
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, меловая или маркерная доска	
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше 3) Matlab R2014b и выше

8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Дата	Изменение	Дата и номер протокола заседания УМК	Автор	Начальник ОМОЛА